

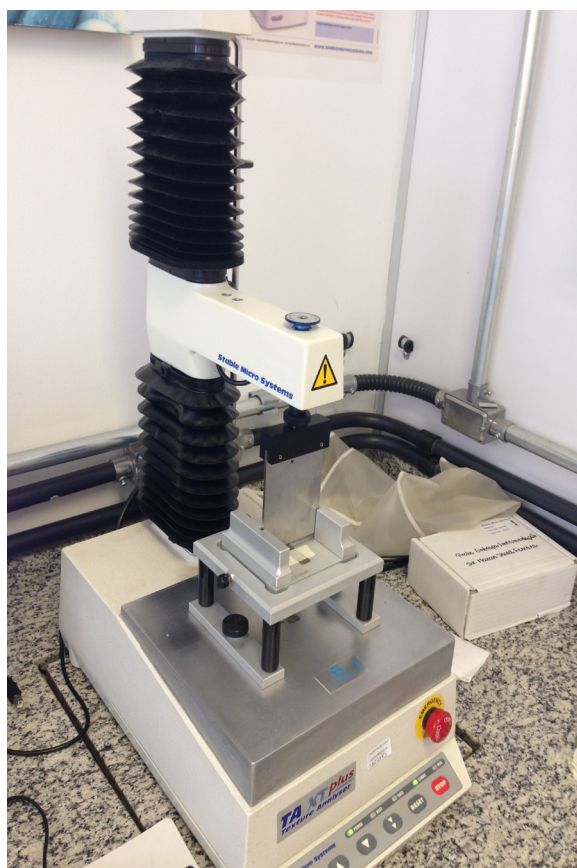
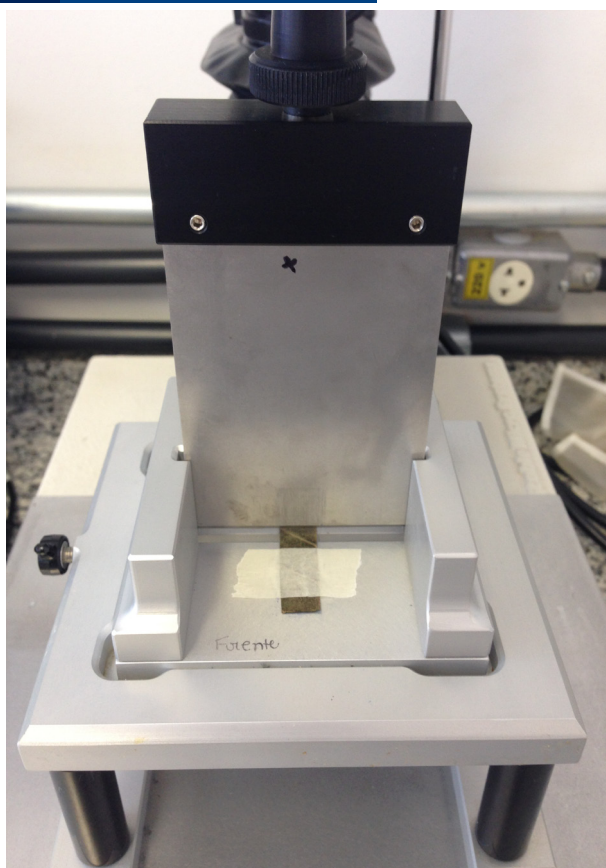
CIRCULAR TÉCNICA

81

São Carlos, SP
Novembro, 2018

Uso de texturômetro para análise de força de cisalhamento em folhas de espécies florestais da Mata Atlântica, *Eucalyptus urograndis*, *Urochloa brizantha* e *U. decumbens*

Ana Carolina Buzzo Marcondelli
Silviane Zanni Hubinger
Lucas Freitas Nogueira Souza
Maria Luiza Franceschi Nicodemo



Introdução

Os sistemas silvipastoris podem ser vistos como agroecossistemas com a capacidade de recuperar serviços ecossistêmicos. A magnitude desse efeito pode ser modulada pela seleção de espécies arbóreas com baixos ou positivos impactos na produtividade primária da pastagem (RUSCH et al., 2014), alterando também a ciclagem de nutrientes. A avaliação das características das espécies vegetais dos sistemas de produção permite estimar sua capacidade de contribuir rapidamente nesse processo (MAKKONEN et al., 2012). Sabe-se que a degradação da matéria morta pela biota contribui para a disponibilização de nutrientes para o ambiente, e, no caso das espécies vegetais, a resistência das folhas, além do conteúdo de lignina, pode aumentar ou reduzir a taxa de degradação, influenciando, portanto, a ciclagem de nutrientes.

Se as folhas fisicamente mais fortes são mais bem protegidas dos danos mecânicos, o que preserva os tecidos fotossintetizantes e assegura maior longevidade, elas também produzem serapilheira de menor qualidade, pois sua decomposição é mais lenta. Uma das formas de avaliar a resistência das folhas é por meio do trabalho para cisalhar ou força de fratura ou força de cisalhamento, que reflete a força média necessária para cortar uma folha ou um fragmento de folha a um ângulo e a uma velocidade constantes, expressos em Newton (N) (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Essa análise pode ser realizada com o auxílio do texturômetro Texture Analyser TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK). Em função da escassez de detalhamento da metodologia empregada para a determinação da força de cisalhamento de folhas com o auxílio desse equipamento na literatura (EASTON, 1989; HUGUES et al., 2000; SIGRIST, 2002; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ et al., 2012; SEGASPINI, 2014), descrevemos aqui as etapas dessa avaliação, com dados referentes aos acessórios, tempos e velocidades utilizados.

Metodologia

A metodologia utilizada baseou-se nos protocolos de Cornelissen et al. (2003) e de Pérez-Harguindeguy et al. (2013). Foram colhidas folhas de espécies vegetais provenientes de diferentes formas de uso da terra: floresta estacional semidecidual, sistemas silvipastoris de menor (IPF= *Urochloa brizantha* + *Eucalyptus urograndis*) e maior (SSP = *U. decumbens* + sete espécies florestais nativas) complexidade e pastagens convencionais de *U. decumbens* e de *U. brizantha*. As características da folha podem influenciar a força de cisalhamento, de modo que foram também avaliados lignina e celulose (VAN SOEST, 1963), teor de matéria seca (SILVA; QUEIROZ, 2002) e espessura da folha (três medidas por folha, feitas com um paquímetro digital). Os testes foram realizados com pelo menos cinco repetições de cinco indivíduos por espécie, conforme preconiza a metodologia (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

Preparação de amostra para análise

Pela demanda do tempo e pela impossibilidade de trabalhar com as folhas logo após a coleta, todo o material foi prensado e seco ao ar, conforme recomendação de Pérez-Harguindeguy et al. (2013). Não é indicada a secagem das folhas em estufa, pois inviabiliza a reidratação. As plantas são consideradas secas quando se apresentam rígidas, sem dobrar ao serem suspensas (GADELHA NETO et al., 2013). O tempo necessário para se secar um espécime foi variável, de acordo com a umidade relativa do ar: de 20 dias, em período de estiagem, a 45 dias, no período de chuvas. Para a reidratação da folha seca ao ar, seguiu-se a seguinte metodologia: manter as folhas no jornal em que foram prensadas e borrifar água, ao ponto de deixá-las bem úmidas, em seguida, fechar o jornal. A quantidade de água para reidratação varia de acordo com a morfologia da espécie: aquelas que apresentam folhas mais grossas e mais tomentosas (com penugem) necessitam de mais água para reidratar em relação às demais; porém, o excesso de água pode fazer as folhas mais frágeis apodrecerem. Para evitar que as folhas de jornal grudem umas com as outras, recomenda-se intercalá-las com sacos plásticos. Ao final deste processo, juntar todo o material e levar até a geladeira (Figura 1). Embora Pérez-Harguindeguy et al. (2013) recomendem que as folhas

hidratadas sejam mantidas sob refrigeração por 24h, em muitos casos as folhas apodreceram, de modo que o tempo de refrigeração foi reduzido para um período de 16 a 18h horas, com melhores resultados.

Fotos: Ana Carolina Buzzo Marondelli.

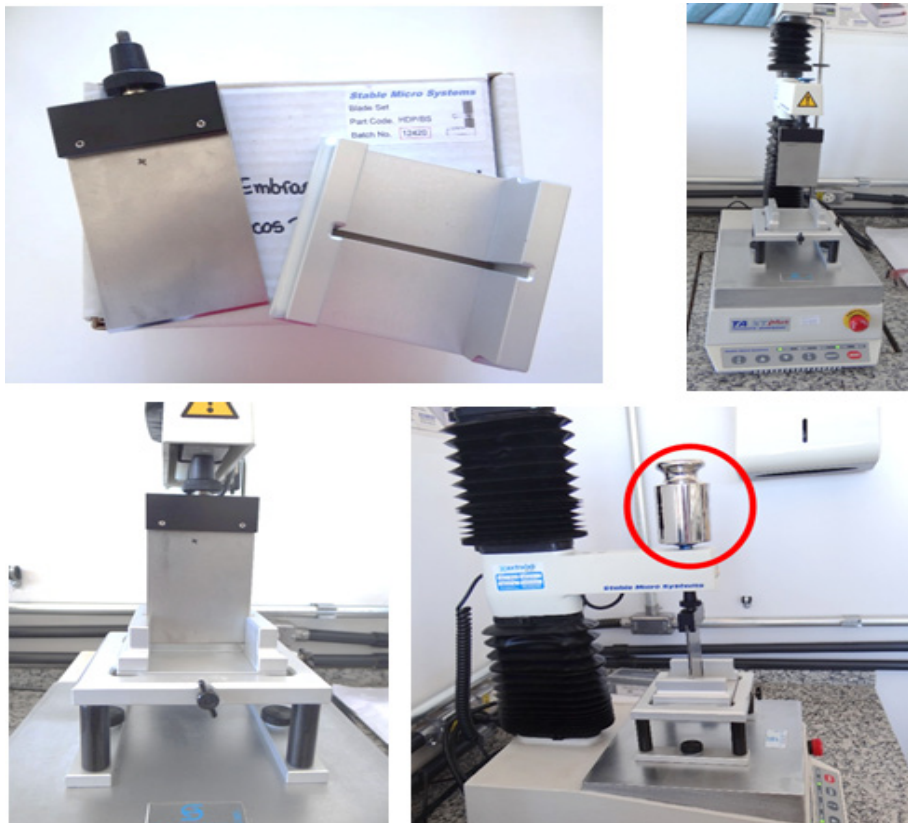


Figura 1. Processo de reidratação da folha - folhas desidratadas (A); folhas molhadas, com o auxílio de um borrifador (B); para evitar que as folhas de jornal grudassem entre si, foram intercaladas com plástico (C); detalhe das folhas intercaladas com plástico (D).

Análise de força de cisalhamento

A análise da força de cisalhamento foi realizada no texturômetro Texture Analyser TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK) a fim de determinar a força necessária para cortar transversalmente cada fragmento.

Uma lâmina (HDP/BS, Stable Micro Systems Ltd.) foi firmemente presa ao texturômetro. O programa Texture Expert foi utilizado na calibração do aparelho para velocidade do teste de 1,5 mm/segundo, velocidade de pós-teste de 5 mm/segundo, distância de 20 mm e peso de calibração de 2 kg (Figura 2).



Fotos: Ana Carolina Buzzo Marcondelli.

Figura 2. Texturômetro Texture Analyser TA.XT.plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK). Lâmina utilizada para a avaliação de força de cisalhamento (A); Texturômetro com a lâmina acoplada.(B); Detalhe da lâmina acoplada ao equipamento (C); Peso utilizado para a calibração do equipamento, destacado pelo círculo vermelho (D).

Para realizar a calibração, inicialmente, deve-se abrir o programa Texture Expert (Stable Micro Systems Ltd) e clicar no ícone 'Calibrate Force', abrindo a janela (Figura 3), clicando 'Avançar'. Em seguida, colocar o peso no local correto, destacado na Figura 2 (D), no texturômetro, e clicar em 'Avançar' (Figura 4). Calibrada a força, clicar em 'Concluir', deixando a máquina calibrada para as análises (Figura 5).

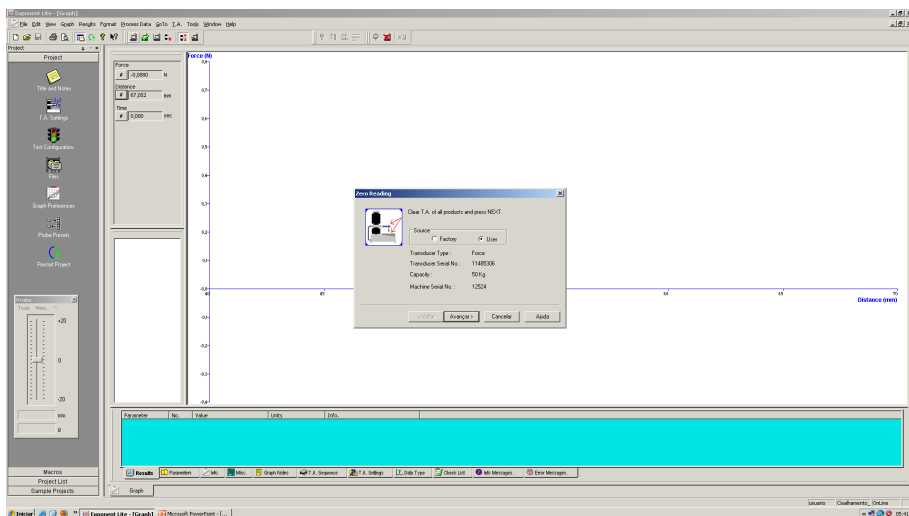


Figura 3. Passo inicial de calibração no programa Texture Expert.

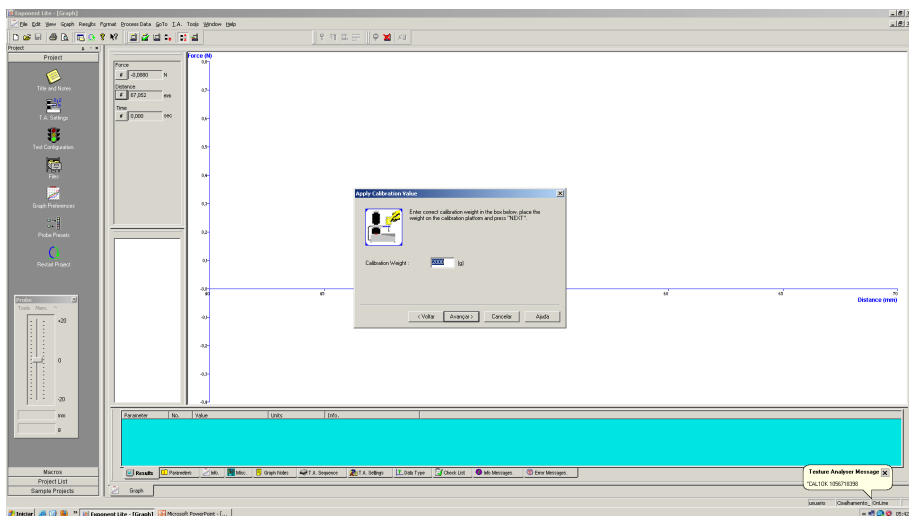


Figura 4. Seleção da massa utilizada para calibração do texturômetro.

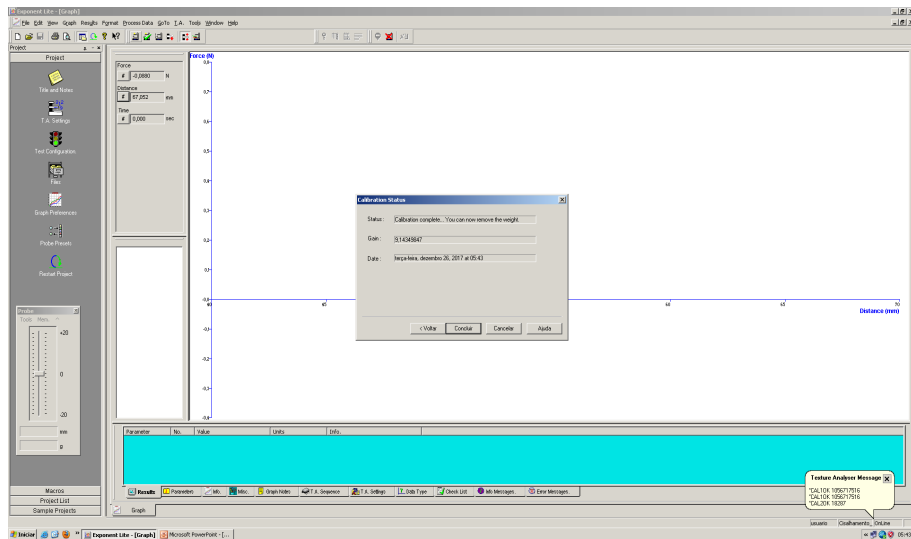


Figura 5. Finalização da calibração do texturômetro com o programa Texture Expert.

Logo antes da análise, as folhas são retiradas do jornal úmido, secas com papel toalha e cortadas em tiras, na proporção 5:1 – 5 cm (no sentido longitudinal da folha) por 1 cm (no sentido transversal da folha) – sempre evitando a nervura principal, que pode acabar superestimando a força ao cortar a folha.

Para acelerar o trabalho, recomenda-se fazer um molde com o tamanho proposto (Figura 6). Depois de cortadas, as folhas foram colocadas no aparelho, fixadas com fita crepe (durante toda a análise foi utilizado material da mesma marca [Eurocel® 19 mm x 50 mm MSK 6140] para não interferir na medida de força) em duas pontas. Ela não deve ser fixada com frouxidão, mas também não pode ser colocada com muita tensão, uma vez que pode acabar interferindo na análise (Figura 7). Após a fixação da folha, inicia-se a análise.

Fotos: Ana Carolina Buzzo Marcondelli.

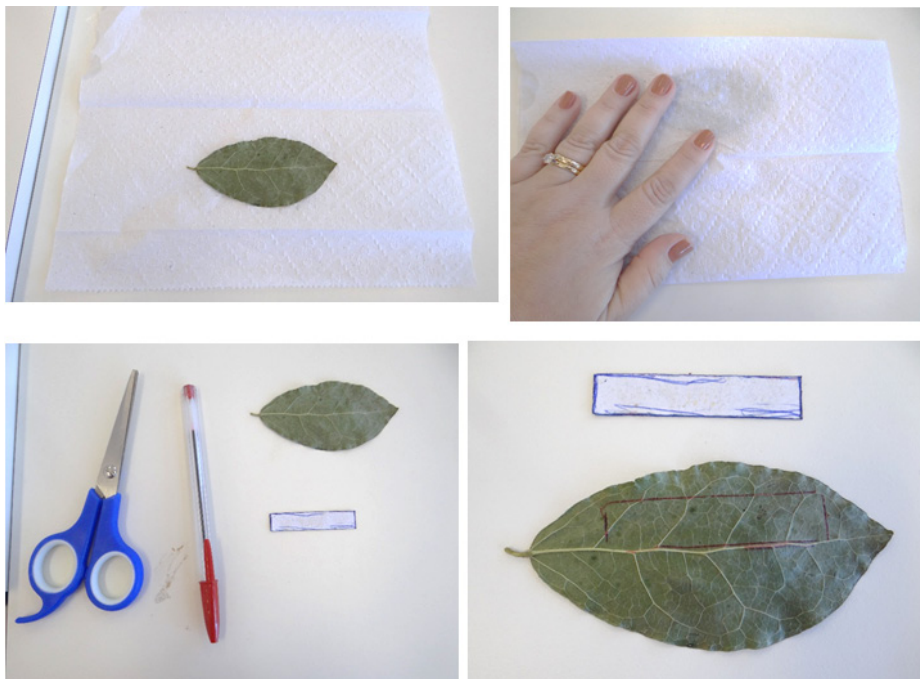


Figura 6. Sequência do processo de preparo das folhas para serem utilizadas no texturômetro. Figura (A); Logo antes da análise, as folhas são retiradas do jornal úmido. Figura (B); Secagem da folha com papel toalha; Figura (C). gabarito para corte da folha. Figura (D). Marcação do gabarito na folha, evitando a nervura principal.

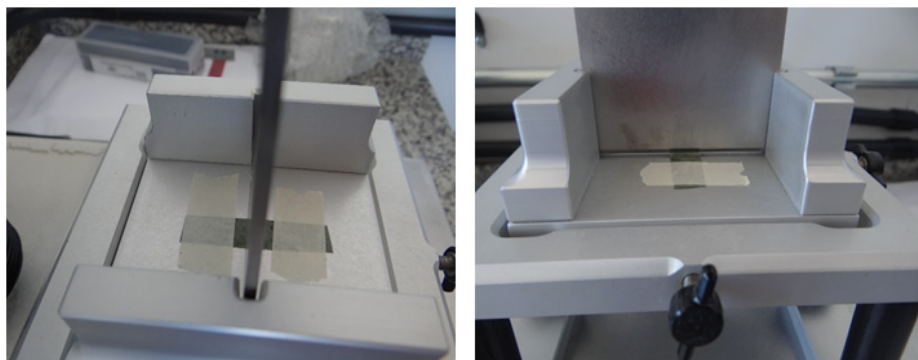


Figura 7. Folha fixada com fita crepe no aparelho.

Para iniciar o processo de análise, seleciona-se o ícone 'Run a test', insere-se o nome ou número da amostra e seleciona-se novamente o botão 'Run a test' (Figura 8). A operação acima é feita de acordo com as repetições de cada amostra. Cada cor do gráfico apresentado (na Figura 9) representa uma amostra que foi analisada, em que cada pico do gráfico demonstra a força máxima realizada para cortar a folha. Finalizada a análise de todas as amostras, selecionam-se todos os resultados (destacado em azul escuro na barra da esquerda), conforme a sequência: selecionar 'File' e selecionar 'Select all'. Selecionar resultados que se deseja salvar, clicar com o botão direito do mouse e escolher a opção 'Save all' (Figura 10). A seguir, uma nova janela será aberta, e a opção 'Prompt for Dir and save all files there' deve ser selecionada, clicando em OK (Figura 11). Busca-se o destino dos arquivos das análises a serem salvas e em seguida clicar em 'Salvar' (Figura 12).

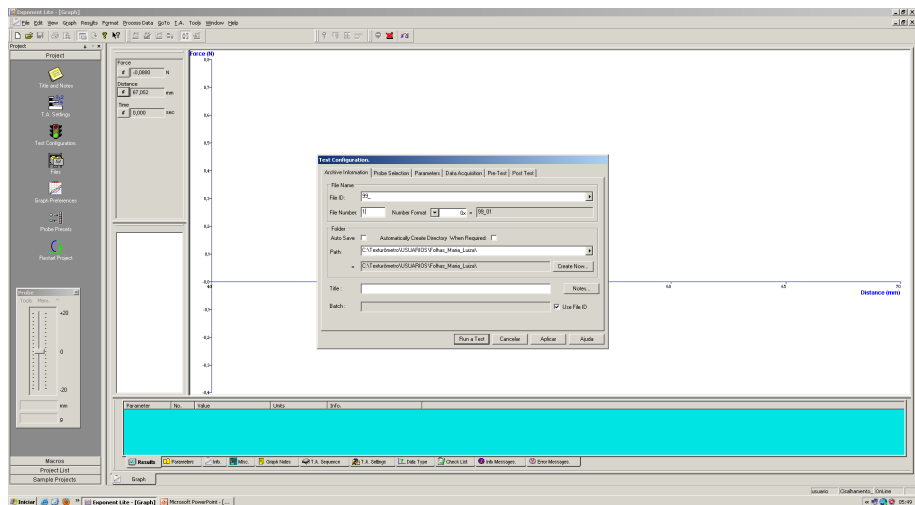


Figura 8. Início da avaliação de força de cisalhamento.

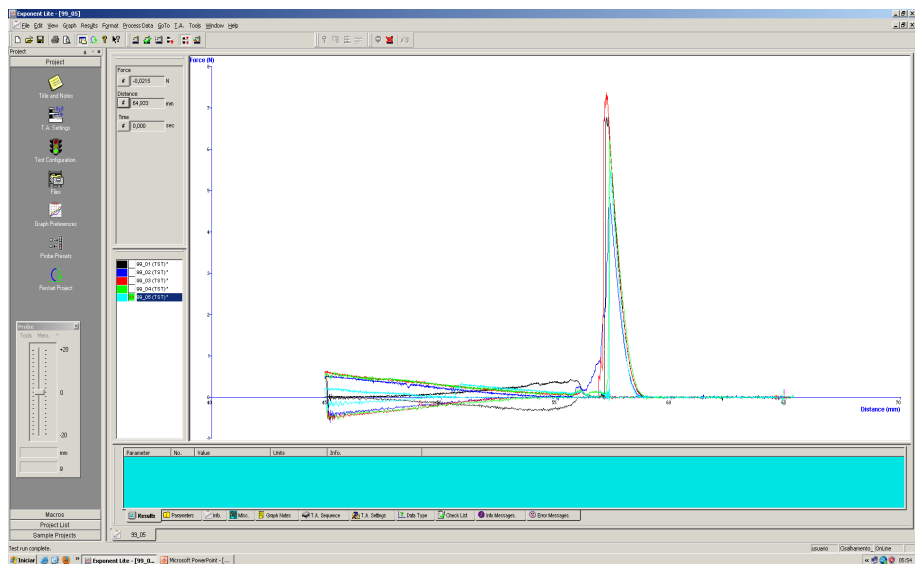


Figura 9. Gráficos com os resultados de avaliação de força de cisalhamento.

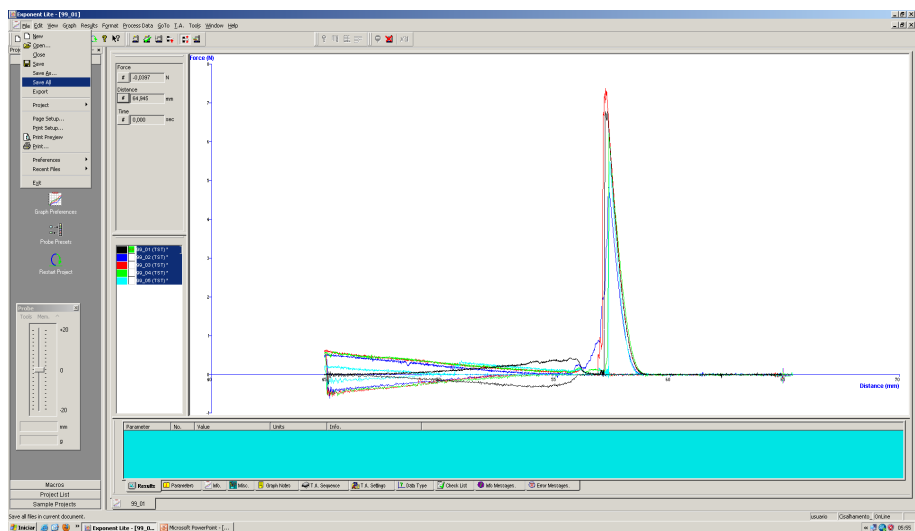


Figura 10. Seleção de resultados para salvamento.

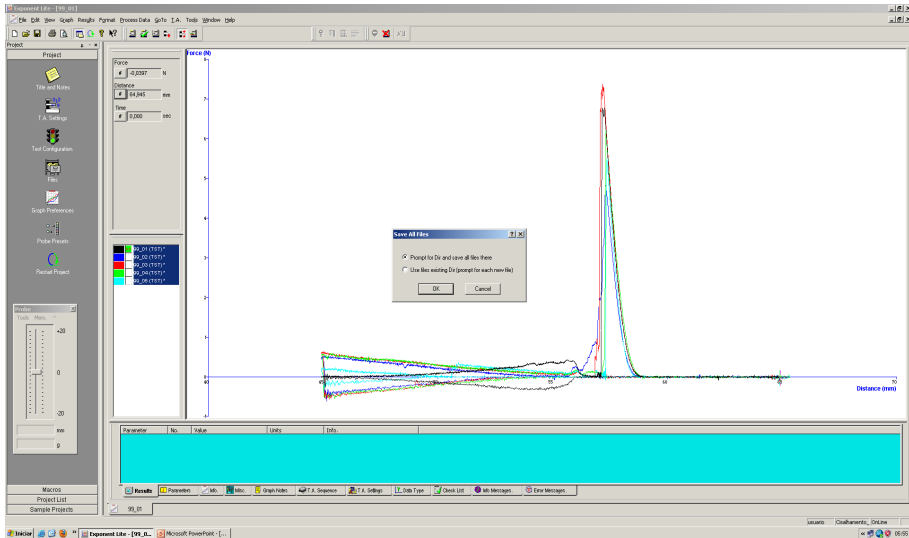


Figura 11. Salvamento dos resultados das análises de força de cisalhamento.

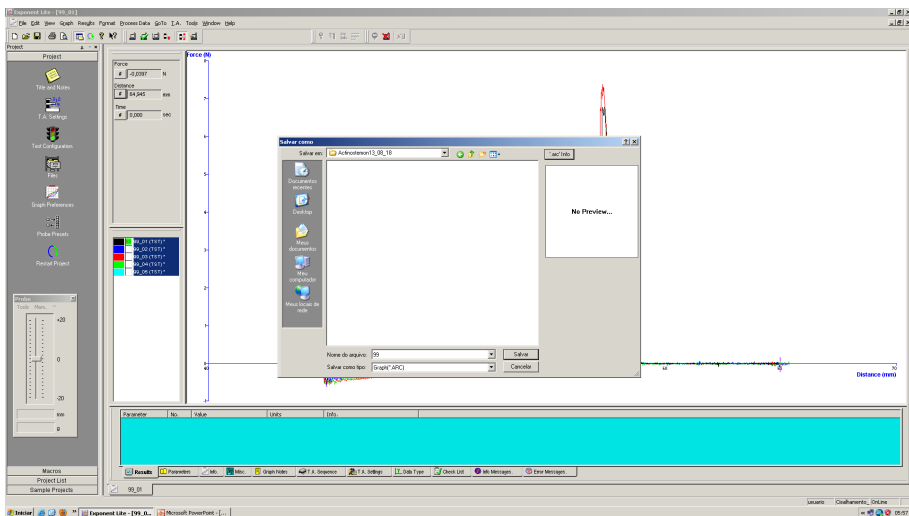


Figura 12. Escolher local de salvamento dos arquivos com os resultados das análises.

A força máxima aplicada foi registrada, para cada fragmento de folha, em uma curva, no programa Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd), cujas etapas estão descritas a seguir. Essas etapas permitem a recuperação das curvas de força máxima aplicada em arquivo Excel, facilitando a análise dos dados, uma vez que, dessa maneira, não é preciso procurar manualmente a força máxima de cada amostra.

Inicialmente, deve-se abrir o programa Exponent Lite, clicar em 'File' e, em seguida, em 'New' (Figura 13). Ao abrir a janela, clicar em 'Macro' e, em seguida, em 'OK' (Figura 14). Nessa janela, selecionar o 'Go to Abs + ve Value' e dar dois cliques e clicar 'OK' na janela que vai abrir (Figura 15). Quando aparecer o aviso 'Close files: Do you want to save it?', clique em 'Yes' e salve o seu macro no local de sua preferência (Figura 16). Nesse momento, vá em 'File', clique em 'Open' e abra todas as análises que você realizou e em que gostaria de visualizar a força máxima. Ao abrir, clique com o botão esquerdo em cima das análises e clique em 'Select All' (Figura 17). Selecionadas todas as análises, vá em 'Process Data', clique em 'Macro' e, em seguida, em 'Run'. Nesse momento, será analisada a força máxima de todas as suas amostras (Figura 18). Ao final da análise, uma aba complementar abrirá ('Results') e nela terá uma tabela com todos os valores. É possível selecionar os valores e colá-los no programa Excel (Figura 19).

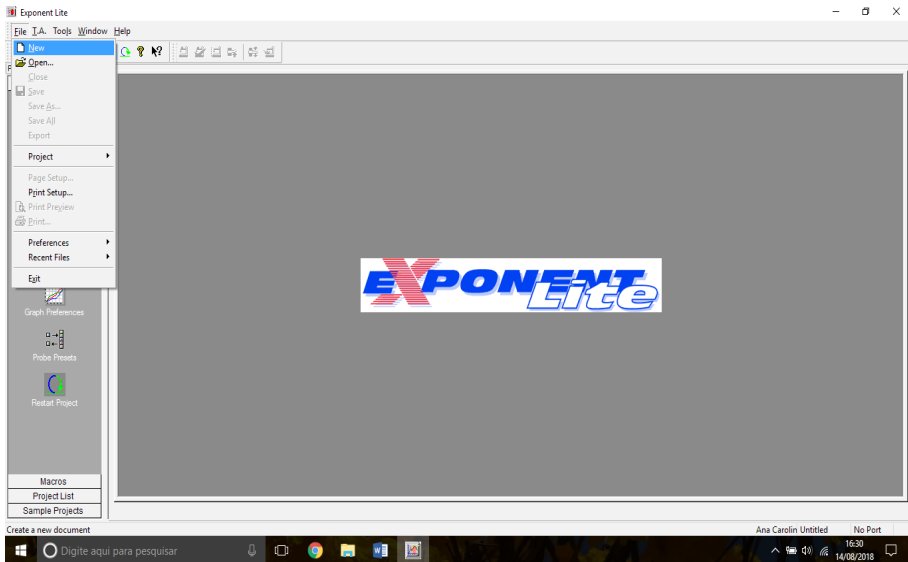


Figura 13. Inicialização do programa Exponent Lite com a criação de novo arquivo.

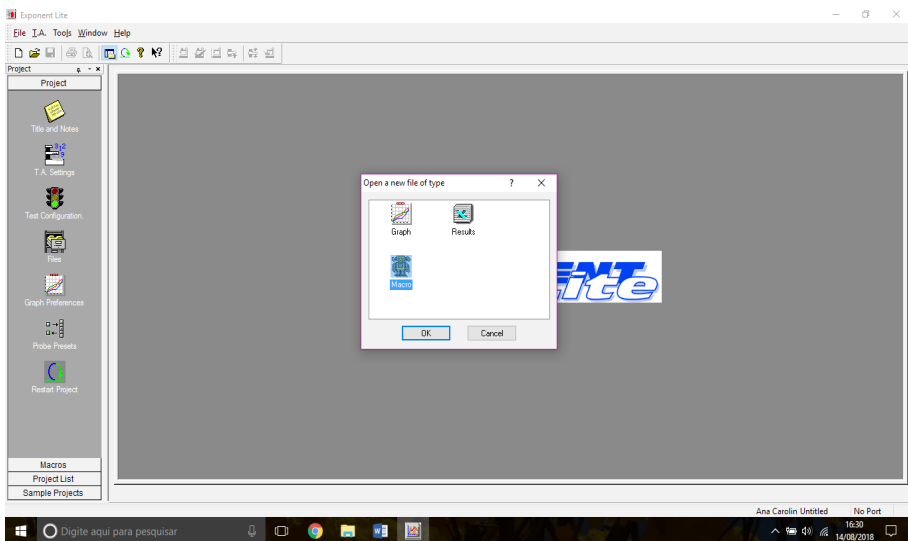


Figura 14. Seleção do tipo de arquivo no programa Exponent Lite.

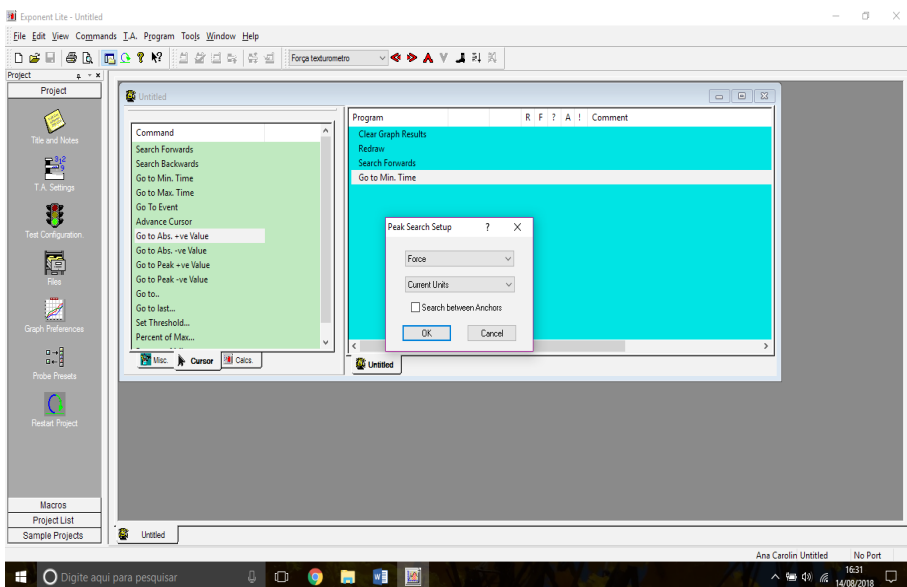


Figura 15. Seleção da busca por pico da força de cisalhamento nas avaliações realizadas.

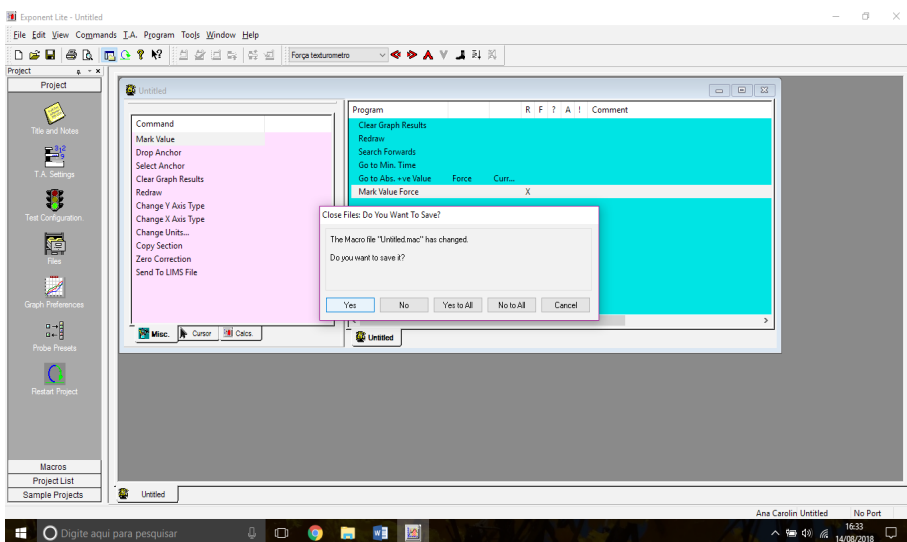


Figura 16. Salvamento dos arquivos.

Uso de texturômetro para análise de força de cisalhamento em folhas de espécies florestais 15
da Mata Atlântica, *Eucalyptus urograndis*, *Urochloa brizantha* e *U. decumbens*

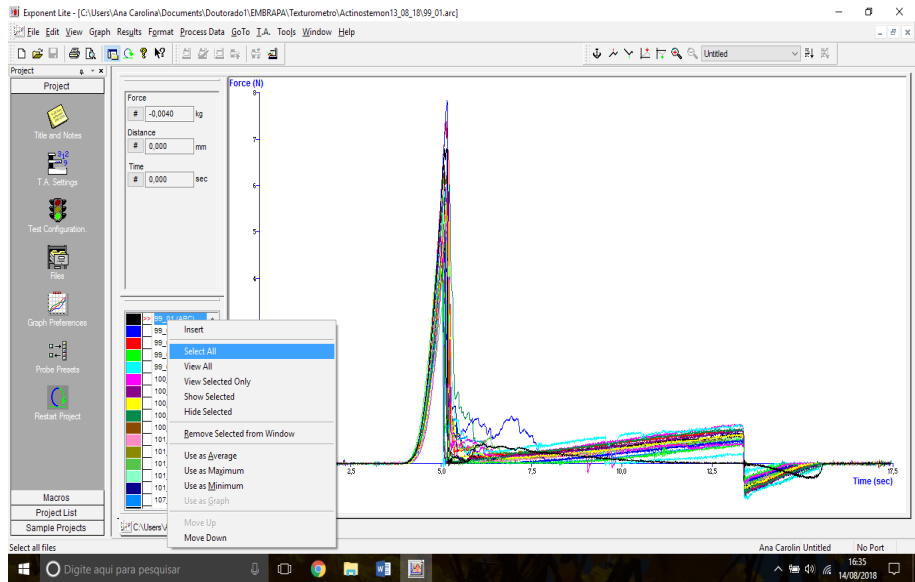


Figura 17. Salvamento dos arquivos.

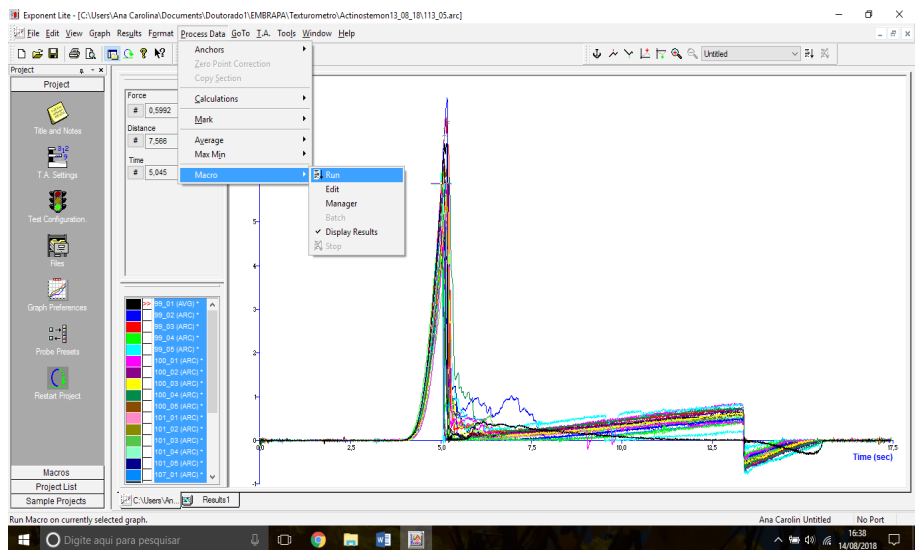
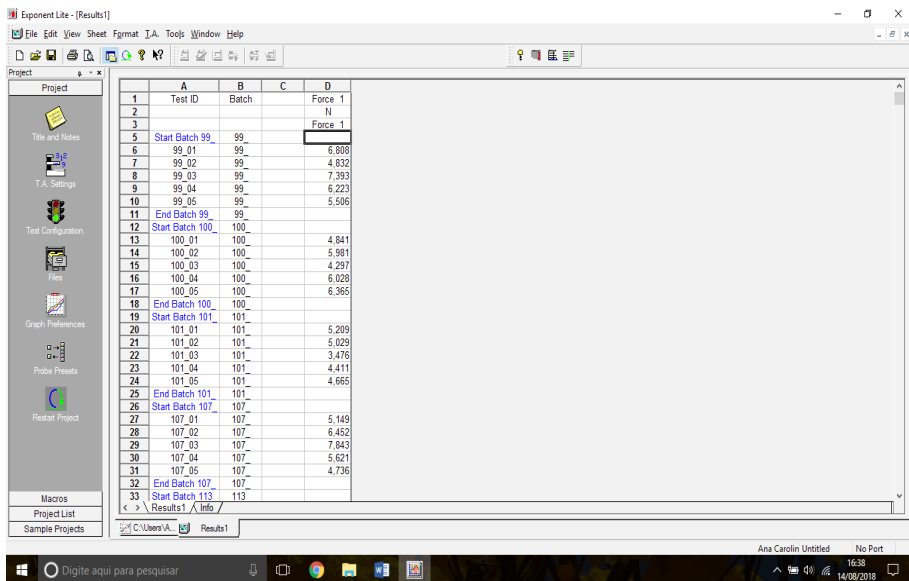


Figura 18. Análise da força máxima de cisalhamento.



	A	B	C	D
1	Test ID	Batch		Force 1
2				N
3				Force 1
4	Start Batch 99	99		
5	99_01	99		6,808
6	99_02	99		4,832
7	99_03	99		7,393
8	99_04	99		6,223
9	99_05	99		5,506
10	End Batch 99	99		
11	Start Batch 100	100		
12	100_01	100		4,841
13	100_02	100		5,981
14	100_03	100		4,297
15	100_04	100		6,028
16	100_05	100		6,365
17	End Batch 100	100		
18	Start Batch 101	101		
19	101_01	101		5,209
20	101_02	101		5,029
21	101_03	101		3,476
22	101_04	101		4,411
23	101_05	101		4,665
24	End Batch 101	101		
25	Start Batch 107	107		
26	107_01	107		5,149
27	107_02	107		6,452
28	107_03	107		7,843
29	107_04	107		5,621
30	107_05	107		4,736
31	End Batch 107	107		
32	Start Batch 113	113		
33				

Figura 19. Salvamento do resultado em planilha.

Dispersão dos resultados na amostra estudada

Os resultados das avaliações de força de cisalhamento efetuados em folhas colhidas de espécies florestais nativas da Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual) e de espécies vegetais encontradas nos sistemas de produção estão na Tabela 1. As folhas analisadas apresentavam variações consideráveis nas suas características, como pode ser verificado na mesma tabela. A força de cisalhamento variou, em média, de 2,66 a 8,68 N, com espessuras das folhas de 0,06 a 0,24 mm, teores de MS de 20,98% a 48,18%, e teores de lignina e de celulose variando, em média, de 3,07% a 24,84% e de 12,60% a 28,86%, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização (espessura da folha – ESP.; teor de matéria seca – MS; teor de lignina – LIG.; teor de celulose – CEL.; média e desvio padrão – DP) de folhas submetidas à avaliação da força de cisalhamento (FC, média e DP).

Espécies	ESP.(mm)		MS(%)		LIG.(%)		CEL.(%)		FC(N)	
	Média	Dp	Média	Dp	Média	Dp	Média	Dp	Média	Dp
<i>Actinostemon conceptionis</i>	0,07	0	36,64	2,3	8,55	2,22	17,05	1,45	3,35	1,3
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,15	0,07	29,28	8,36	22,53	4,95	20,24	6,85	4,17	2,15
<i>Almeidea coerulea</i>	0,15	0,01	43,68	7,03	14,89	1,78	19,17	0,5	7,21	0,43
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,11	0,04	34,68	4,28	16,59	2,23	17,71	1,06	6,89	1,55
<i>Aspidosperma rhamiflorum</i>	0,11	0,02	32,2	3	9,23	2,31	14,93	1,77	5,07	0,73
<i>Astronium graveolens</i>	0,06	0,03	41,41	2,38	8,29	3,63	18,31	2,17	3,43	0,38
<i>Urochloa brizantha</i>	0,08	0,01	20,98	3,68	5,2	1,8	26,34	2,82	7,03	0,73
<i>Urochloa decumbens</i>	0,07	0,01	31,97	7,35	4,83	2,39	26,54	2,8	7,52	1,35
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,07	0	37,69	2,52	3,07	0,95	21,58	0,68	5,82	0,54
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,19	0,04	27,92	3,45	9,32	4,7	20,85	6,62	5,24	1,38
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	0,13	0,01	41,8	3,98	13,36	0,7	20,98	2,02	6,73	1,36
<i>Croton floribundus</i>	0,17	0,05	29,1	3,27	17,17	3,85	20,65	1,15	2,66	0,71
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,16	0,03	36,82	3,05	10,37	1,38	15,83	1,7	6,29	1,09
<i>Ficus guaranitica</i>	0,11	0,04	27,23	5,96	6,79	1,84	22,72	3,89	4,7	0,29
<i>Guapira opposita</i>	0,2	0,04	26,59	4,17	16,15	2,31	12,6	1,36	4,99	0,68
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,09	0,01	34,38	0,81	16,2	2,99	16,19	1,34	5,08	0,73
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,13	0,03	39,91	3,99	22,17	4,56	25,71	1,38	4,41	0,39
<i>Inga marginata</i>	0,09	0,05	44,17	5,49	24,84	2,38	20,74	1	5,67	0,65
<i>Inga sessilis</i>	0,13	0,04	41,67	3,73	20,87	3,23	20,77	2,2	5,97	1,82
<i>Jacaratia spinosa</i>	0,14	0,08	26,11	3,25	14,97	10,85	14,94	1,79	2,69	1,16
<i>Lauraceae sp2</i>	0,15	0,02	48,18	5,65	26,2	1,08	21,15	1,27	5,41	1,62

O coeficiente de variação de força de cisalhamento de 184 indivíduos, considerando a avaliação de cinco folhas de cada indivíduo, foi 22,74%.

Considerações finais

A metodologia descrita para análise de força de cisalhamento permitiu a tomada dessa medida para uma gama de espécies lenhosas e para os capins do gênero *Urochloa*, contudo, não permitiu a avaliação de plantas com folíolos ou foliólulos pequenos, como *Holocalyx balansae*, *Anadenanthera colubrina*, *Peltophorum dubium* e *Piptadenia gonoacantha*, que eram carregadas pela lâmina na direção da fenda central, em vez de ceder sob ela.

Agradecimentos

Agradecemos ao Dr. Marcos David Ferreira, coordenador do Laboratório de Pós-Colheita, da Embrapa Instrumentação Agropecuária (São Carlos, SP), pela acolhida e pela cessão de uso do texturômetro para as análises, e aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos, SP), em especial ao Dr. Gilberto Batista de Souza, pelas análises químicas.

Bibliografia

- CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; BUCHAMNN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; STEEGE, H. ter; MORGAN, H. D.; HEIJDEN, M. G. A. van der; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v.51, p.335–380, 2003.
- EASTON, H. S. Variability of leaf shear strength in perennial ryegrass. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.32, n.1, p.1-6, 1989.
- GADELHA NETO, P. da C.; LIMA, J. R. de; BARBOSA, M. R. de V.; BARBOSA, M. de A.; MENEZES, M.; PÔRTO, K. C.; WARTCHOW, F.; GILBERTONI, T. B. Manual de procedimentos para herbários. Recife: Universitária; UFPE, 2013. 53 p. Disponível em: <http://inct.florabrasil.net/wp-content/uploads/2013/11/Manual_Herbario.pdf>. Acesso em: 01 out. 2018.
- HUGHES, N. R. G.; BORGES do VALLE, C.; SABATEL, V.; JESSOP, N. S.; HERRERO, M. Shearing strength as an additional selection criterion for quality in *Brachiaria* pasture ecotypes. **The Journal of Agricultural Science**, v.135, n.2, p.123-130, 2000.
- MAKKONEN, M.; BERG, M. P.; HANDA, T.; HATTENSCHWILER, S.; RUIJVEN, J. van; BODEGOM, P. M. van; AERTS, R. Highly consistent effects of plant litter identity and functional traits on decomposition across a latitudinal gradient. **Ecology Letters**, v.15, n.9, p.1033-1041, 2012.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; LUNA, M. C.; SELMA, M. V.; TUDELA, J. A.; ABAD, J.; GIL, M. I. Baby-leaf and multi-leaf of green and red lettuces are suitable raw materials for the fresh-cut industry. **Postharvest Biology and Technology**, v.63, n.1, 2012.

PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, H.; POORTER, P.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; VOS, A. C. de; BUCHAMN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; STEEGE, H. ter; HEIJDEN, M. G. A. van der; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAYER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v.61, p.167–234, 2013.

RUSCH, A.; BIRKHOFFER, K.; BOMMARCO, R.; SMITH, H. G.; EKBOM, B. Management intensity at field and landscape levels affects the taxonomic and functional structure of generalist predator communities. *Oecologia*, v.175, p.971–983, 2014.

SEGASPINI, M. J. Efeito do recobrimento de soluções de quitosana em alface minimamente processada. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2014.

SIGRIST J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve flor e rúcula minimamente processadas**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, v.46, n.5, p.829-835, 1963.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sudeste
Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa
Postal 339
13560-290, São Carlos, SP
Fone: (16) 3411-5600
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
1ª edição on-line: 2018



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente

Alexandre Berndt

Secretário-Executivo

Simone Cristina Méo Niciura

Membros

*Emília Maria Pulcinelli Camarnado, Mara
Angélica Pedrochi, Maria Cristina Campanelli
Brito, Milena Ambrosio Telles, Simone Cristina
Méo Niciura*

Revisão de texto

Milena Ambrosio Telles

Normalização bibliográfica

Mara Angélica Pedrochi

Editoração eletrônica

Maria Cristina Campanelli Brito

Fotos da capa

Ana Carolina Buzzo Marcondelli

CGPE: 14909